

IAP11 Rec'd PCT/PTO 07 AUG 2006

## Verfahren zum Verbinden von Bauteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von dynamisch belasteten Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Dynamisch hochbelastete Bauteile von insbesondere Gasturbinen werden in der Regel als Schmiedeteile ausgeführt, da Schmiedeteile gegenüber Gussteilen eine höhere Festigkeit aufweisen. Zur Verbindung von derartigen, dynamisch belasteten Bauteilen wird nach dem Stand der Technik das sogenannte Reibschweißen eingesetzt, insbesondere das Rotationsreibschweißen oder das lineare Reibschweißen. Mithilfe des Reibschweißens lassen sich für den Verbindungsreich zwischen zwei Bauteilen Festigkeitswerte erzielen, die den Festigkeitswerten des Schmiedewerkstoffes entsprechen. Das Rotationsreibschweißen gehört zu der Gruppe der sogenannten Pressschweißverfahren, die allesamt über den Nachteil verfügen, dass dieselben auf aufwendigen Maschinen und unter Einsatz teurer Sonderbetriebsmittel durchgeführt werden müssen. Das Verbinden von dynamisch belasteten Bauteilen mittels Reibschweißen oder Pressschweißen ist demnach aufwendig und teuer. Auch bildet sich beim Reibschweißen oder Pressschweißen eine Schweißwulst (sogenannter Flash) aus, der eine aufwendige Nachbearbeitung erforderlich macht. Die aus dem Stand der Technik bekannten Schmelzschweißverfahren können jedoch zur Verbindung von dynamisch belasteten Bauteilen nicht verwendet werden, da die Festigkeit von durch Schmelzschweißen hergestellten Verbindungen für dynamisch hochbelastete Bauteile nicht ausreichend ist.

Hier von ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zum Verbinden von dynamisch belasteten Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen, zu schaffen.

Dieses Problem wird durch ein Verfahren zum Verbinden von dynamisch belasteten Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen, gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß werden mindestens zwei miteinander zu verbindende Bauteile durch Laserpulverauftragschweißen miteinander verbunden.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dynamisch belastete Bauteile mithilfe des Laserpulverauftragschweißens zu verbin-

den. Nach dem Stand der Technik wird das Laserpulverauftragschweißen lediglich zum Herstellen von Bauteilen bzw. Neuteilen im Wege eines sogenannten Rapid Manufacturing Prozesses verwendet. Die hier vorliegende Erfindung schlägt erstmals vor, das Laserpulverauftragschweißen zur Verbindung dynamisch belasteter Bauteile zu verwenden. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit dem Laserpulverauftragschweißen Verbindungen erzielt werden können, deren Festigkeitswerte höher sind, als die Festigkeitswerte der geschmiedeten Bauteile. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass beim Laserpulverauftragschweißen der aufgeschmolzene Werkstoff rasch abkühlt und gerichtet erstarrt. Das sich dabei ausbildende Gefüge der Schweißnaht ist feinkörnig. Die so hergestellte Verbindung verfügt demnach über herausragende Festigkeitseigenschaften und ist für die Verbindung von dynamisch belasteten Bauteilen besonders geeignet. Weitere Vorteile der Erfindung sind die hohe Flexibilität des Laserpulverauftragschweißens sowie ein geringer Vorbehandlungsaufwand sowie Nachbehandlungsaufwand der Schweißnaht.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die miteinander zu verbindenden Bauteile relativ zueinander ausgerichtet und in dieser ausgerichteten Position durch eine Hilfsschweißnaht miteinander verbunden. Nach dem Erzeugen der Hilfsschweißnaht wird die eigentliche Verbindung der Bauteile durch Laserpulverauftragschweißen hergestellt.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine stark schematisierte Ansicht von zwei mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verbundenen, dynamisch belasteten Bauteilen; und

Fig. 2 eine stark schematisierte Ansicht von zwei weiteren mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verbundenen, dynamisch belasteten Bauteilen.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt Ausschnitte von zwei miteinander zu verbindenden Bauteilen, wobei die beiden Bauteile als Rotorscheiben eines Gasturbinenrotors ausgebildet sind, die an axial verlaufenden Flanschen 10, 11 miteinander zu verbinden sind.

Im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die beiden Bauteile an den Flanschen 10, 11 dadurch miteinander verbunden, dass die Bauteile 10, 11 zuerst relativ zueinander ausgerichtet werden und in dieser ausgerichteten Position durch eine Hilfsschweißnaht 12 provisorisch miteinander verbunden werden. Im Anschluss an das Erzeugen der Hilfsschweißnaht 12 werden die beiden Bauteile dann durch Laserpulverauftragschweißen dauerhaft miteinander verbunden, wobei eine durch Laserpulverauftragschweißen hergestellte Schweißnaht in Fig. 1 mit der Bezugsziffer 13 gekennzeichnet ist.

Wie Fig. 1 entnommen werden kann, bilden die Flansche 10, 11 im Bereich der miteinander zu verbindenden Enden derselben eine Mulde, in welche zur Herstellung der Schweißnaht 13 mittels Laserpulverauftragschweißen Werkstoff für die Schweißnaht 13 eingebracht werden kann. Das zum Laserpulverauftragschweißen verwendete Pulver ist dabei an die Materialzusammensetzung der miteinander zu verbindenden Bauteile angepasst.

Beim Laserpulverauftragschweißen wird das Pulver aufgeschmolzen und unterliegt einer raschen Abkühlung, sodass der aufgeschmolzene Werkstoff beim Abkühlen gerichtet erstarrt. Es bildet sich ein feinkörniges Gefüge im Bereich der Schweißnaht 13 aus. Die Schweißnaht 13 verfügt demnach über Festigkeitswerte, die oberhalb der Festigkeitswerte des Grundwerkstoffs der miteinander zu verbindenden Bauteile liegen. Durch entsprechende Kühlung kann das Abkühlen des Werkstoffs beim Laserpulverauftragschweißen und damit der Festigkeitswert der sich einstellenden Schweißnaht 13 beeinflusst werden.

Wie Fig. 1 entnommen werden kann, ragt die durch Laserpulverauftragschweißen hergestellte Schweißnaht 13 geringfügig über die Abmessungen der Flasche 10 hervor. Dieser über die Flasche 10 vorstehende Abschnitt der Schweißnaht 13 kann im Sinne einer Nachbearbeitung der Schweißnaht 13 abgetragen werden. Da jedoch mit dem Laserpulverauftragschweißen Material gezielt und hochgenau zur Bildung der Schweißnaht 13 aufgetragen werden kann, ist der Nachbearbeitungsaufwand gering.

Fig. 2 zeigt zwei weitere miteinander zu verbindende Bauteile, nämlich zwei Rotorscheiben, die im Bereich der axial verlaufenden Flansche 14 und 15 miteinander zu verbinden sind. Bei der Herstellung der Verbindung der Bauteile an den Flanschen 14, 15 gemäß Fig. 2 wird ebenso wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 so vorgegangen, dass die beiden Bauteile zuerst relativ zueinander ausgerichtet und in dieser ausgerichteten Position mit

Hilfe einer Hilfsschweißnaht 16 miteinander verbunden werden. Nach dem Herstellen der Hilfsschweißnaht 16 erfolgt die eigentlichen Verbindung der Bauteile mithilfe einer Schweißnaht 17, die durch Laserpulverauftragschweißen hergestellt wird.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel der Fig. 1 lediglich darin, dass die Ausrichtung der Bauteile dadurch erleichtert wird, dass im Bereich der miteinander zu verbindenden Enden der Flasche 14 und 15 eine stufenförmige bzw. treppenförmige Zentrierlippe 18 vorhanden ist. Die Zentrierlippe 18 dient der erleichterten Ausrichtung der Bauteile relativ zueinander.

Es sei darauf hingewiesen, dass auch eine Schweißnaht 13 mit einem gra-dierten Aufbau hergestellt werden kann, indem zum Beispiel der zum Laserpulverauftragschweißen verwendete Werkstoff angepasst wird oder die Schweißbedingungen, wie zum Beispiel die Temperatur, verändert werden.

Mithilfe der hier vorliegenden Erfindung können Verbindungen an dynamisch hochbelasteten Bauteilen kostengünstig hergestellt werden, ohne die beim Reibschiessen erforderliche, hohe Krafteinwirkung. Daher kann auf aufwendige Apparaturen, Maschinen und Sonderbetriebsmittel verzichtet werden. Das Laserpulverauftragschweißen ist sehr flexibel und erfordert nur eine geringe Nachbearbeitung der Schweißnaht. Es können Festigkeitswerte der Schweißnaht erzielt werden, die oberhalb der Festigkeitswerte des Basiswerkstoffes der miteinander zu verbindenden Bauteile liegen.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Verbinden von dynamisch belasteten Bauteilen, insbesondere von Gasturbinenbauteilen, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei miteinander zu verbindende Bauteile (10, 11; 14, 15) durch Laserpulverauftragschweißen miteinander verbunden werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verbindenden Bauteile (10, 11; 14, 15) relativ zueinander ausgerichtet und in dieser ausgerichteten Position durch eine Hilfsschweißnaht (12; 16) miteinander verbunden werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsschweißnaht (12; 16) durch Laserschweißen oder Elektronenstrahlschweißen hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Erzeugen der Hilfsschweißnaht die eigentliche Verbindung der Bauteile (10, 11; 14, 15) durch Laserpulverauftragschweißen (13, 17) hergestellt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Rotorscheiben eines Verdichterrotors oder eines Turbinenrotors an in axialer Richtung verlaufenden Flanschen miteinander verbunden werden.

